



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

27 DEC. 2001

Fait à Paris, le _____

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Martine PLANCHE', is enclosed in a thin oval border.

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIETE
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30
www.inpi.fr

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

16 FEV 2001

Reservé à l'INPI

REMISES 75% INPI PARIS

DATE

0102139

N° D'ENREGISTREMENT

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DB 540 W /260899

Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		B 13768.3 JCI DD 2172
6 MANDATAIRE		
Nom		LEHU
Prénom		Jean
Cabinet ou Société		BREVATOME 422-5/S002
N ° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 7068
Adresse	Rue	3, rue du Docteur Lancereaux
	Code postal et ville	75008 PARIS
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 53 83 94 00
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01 45 63 83 33
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>		brevets.patents@spi-brevatome-groupe.fr
7 INVENTEUR (S)		
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée
8 RAPPORT DE RECHERCHE		
Établissement immédiat ou établissement différé		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (<i>joindre un avis de non-imposition</i>) <input type="checkbox"/> Requise antérieurement à ce dépôt (<i>joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence</i>):
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE <i>(Nom et qualité du signataire)</i>		
J. LEHU		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI 

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

**PROCÉDÉ D'ESTIMATION D'UN RAYONNEMENT DIFFUSÉ,
NOTAMMENT AFIN DE CORRIGER DES MESURES EN RADIOGRAPHIE**

DESCRIPTION

5 Le sujet de cette invention est un procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé, dont l'application principalement envisagée est la correction de radiographies.

10 L'utilisation d'un rayonnement conique, très fréquente en radiographie, présente l'inconvénient de produire un rayonnement diffusé important à travers l'objet examiné. En d'autres termes, chacun des détecteurs situés derrière l'objet reçoit non seulement un rayonnement primaire, provenant directement de la 15 source par un trajet rectiligne et ayant traversé une région bien définie de l'objet, mais un rayonnement diffusé de provenance indéterminée qui affecte la mesure et qu'il serait donc souhaitable de corriger.

20 Plusieurs procédés sont déjà pratiqués. C'est ainsi que le rayonnement primaire peut être mesuré seul si une collimation stricte des détecteurs et de la source est faite afin d'intercepter le rayonnement diffusé, mais ce procédé nécessite en pratique un balayage du faisceau qui est lent à 25 accomplir, et pendant lequel on doit s'accommoder de mouvements du patient si on examine des êtres vivants.

30 On a aussi eu l'idée contraire de ne mesurer que le rayonnement diffusé. On dispose pour cela un réseau discontinu d'absorbeurs, comme des billes de plomb, entre l'objet et les détecteurs, pour arrêter localement le rayonnement primaire, de sorte

que les détecteurs situés derrière ces absorbeurs ne mesurent que le rayonnement diffusé. Ce procédé appelé « beam stop » donne donc des tables ou nappes bidimensionnelles de valeur de rayonnement diffusé, 5 qu'on complète par interpolation entre les détecteurs placés derrière les absorbeurs. Le rayonnement diffusé ainsi estimé est soustrait du rayonnement total mesuré séparément. Ce procédé est précis mais a l'inconvénient qu'il impose deux irradiations de l'objet et donc un 10 doublement de la dose de rayons qu'il reçoit. Un dernier exemple de méthode de correction du rayonnement diffusé par des moyens matériels comporte l'emploi de grilles anti-diffusantes, mais leur efficacité n'est que partielle ; elle est insuffisante pour un faisceau 15 conique, où le rayonnement diffusé peut être plusieurs fois supérieur au rayonnement primaire.

Enfin, il existe un certain nombre de méthodes numériques pour estimer le rayonnement diffusé, à partir de convolutions ou de déconvolutions 20 des mesures par exemple ; on pourrait aussi citer le brevet français 2 759 800 pour un procédé numérique différent, analytique. Elles sont en général d'emploi délicat car elles dépendent de paramètres choisis par l'utilisateur (noyaux de convolution par exemple) qui 25 ne donnent de bons résultats que dans des situations favorables, comme des petites zones où le rayonnement diffusé est faible, ou des objets au contenu relativement homogène. Il n'existe aucun procédé simple qui permette par exemple de corriger le rayonnement diffusé à travers le thorax ou d'autres grandes zones 30 anatomiques, dont l'examen est fréquent mais qui sont

défavorables pour corriger le rayonnement diffusé en raison de leur volume même et de l'hétérogénéité due à la présence d'une structure d'os complexe et dont la capacité d'atténuation du rayonnement est très 5 différente de celle des tissus mous.

Mentionnons enfin le brevet américain 6 018 565 pour l'exposé d'une méthode mixte, à « beam stop » et convolution.

Un objet essentiel de l'invention est de 10 proposer un procédé d'estimation et de correction de rayonnement diffusé qui puisse convenir pour des situations difficiles de radiographie.

Le procédé conforme à l'invention est, sous sa forme la plus générale, un procédé d'estimation d'un 15 rayonnement diffusé provenant d'un rayonnement initial ayant traversé un objet en subissant une atténuation laissant passer un rayonnement total de mesure, caractérisé par :

- une prise d'une table de mesures d'un 20 rayonnement diffusé, obtenue en faisant passer le rayonnement initial par un simulacre de l'objet,

- un calcul de coefficients de transposition entre le simulacre et l'objet, d'après le 25 rayonnement initial, le rayonnement total de mesure à travers l'objet et un rayonnement total de mesure à travers le simulacre;

- et une pondération de la table de mesures avec les coefficients de transposition.

Avantageusement, le simulacre sera un bloc 30 d'épaisseur constante et en une matière homogène, ayant une atténuation semblable à une matière de base de

l'objet ; en général la prise de table de mesure sera une sélection dans une série de tables de mesures de rayonnement diffusé, obtenues auparavant en faisant successivement passer le rayonnement initial à travers 5 une série respective de simulacres de l'objet, d'épaisseurs différentes mais constante ; et la sélection sera faite par comparaison d'une valeur du rayonnement total de mesure à travers l'objet et d'une valeur du rayonnement total de mesure à travers les 10 simulacres.

Les coefficients de pondération sont généralement des rapports de valeurs d'une même fonctionnelle calculée pour l'objet et pour le simulacre. La fonctionnelle utilisée peut être égale au 15 produit du rayonnement total de mesure par le logarithme du rapport de rayonnement total de mesure et du rayonnement initial.

L'invention sera maintenant décrite en référence aux figures, parmi lesquelles :

20 - la figure 1 est une vue générale d'une acquisition des mesures ;
- la figure 2 est une vue d'une acquisition de calibration ;
- et la figure 3 illustre les étapes du 25 procédé.

Reportons-nous d'abord à la figure 1, où un tube 1 de rayons X émet un faisceau 2 conique vers un objet 3 à examiner (ici un patient étendu sur une table 4) puis, à travers lui, vers un réseau 5 plan de 30 détecteurs 6 disposés en matrice. Les détecteurs 6 sont reliés à un appareil d'acquisition 7 et mesurent un

rayonnement diffusé qui se superpose au rayonnement primaire, seul convenable pour la radiographie.

L'estimation du rayonnement diffusé à travers le patient 3 consiste tout d'abord à obtenir 5 des tables bidimensionnelles ou nappes de rayonnement diffusé obtenues dans des circonstances comparables. Pour cela, on effectue des irradiations d'étalonnage à travers des simulacres 8 de l'objet 30 à examiner, conformément à la figure 2 : les conditions 10 d'irradiation restent les mêmes, c'est-à-dire qu'on continue d'utiliser le tube 1, le faisceau 2, le réseau 5 de détecteurs 6 et l'appareil d'acquisition 7, le simulacre 8 remplaçant cependant le patient ; on a aussi ajouté une grille 9 de billes 10 de plomb entre 15 le simulacre 8 et le réseau 5. Il résulte de cette disposition que les rayons 11 passant par les billes 10 sont complètement absorbés et que les régions 12 du réseau 5 situées dans le prolongement de ces rayons 11 ont des détecteurs 6 qui ne mesurent que le rayonnement diffusé à ces endroits. Il suffit de relever ces 20 valeurs mesurées et d'interpoler entre les régions 12 pour estimer convenablement le rayonnement diffusé issu du simulacre 8 pour tous les détecteurs 6 du réseau 5.

Le simulacre 8 devrait être semblable à 25 l'objet afin que les rayonnements diffusés par eux fussent identiques. Une similitude parfaite n'est pas réalisable, et c'est pourquoi on se contente d'un simulacre 8 ressemblant à l'objet 3 et dont la nappe associée de rayonnement diffusé sera corrigée 30 ultérieurement pour évaluer celle de l'objet. En pratique, le simulacre 8 peut être un bloc d'une

matière homogène et qui présente le même coefficient d'atténuation que la matière de base de l'objet 3 : dans le cas d'un corps humain, composé pour l'essentiel de tissu mou, on sait que le plexiglas 5 (polyméthacrylate) convient.

Afin de permettre des mesures variées, on disposera en réalité de plusieurs nappes de rayonnement diffusé, obtenues pour autant de simulacres 8, qui ne différeront que par leur épaisseur et donc par la 10 longueur du trajet parcouru par les rayons 11. Ces nappes seront enregistrées dans une base de données préalablement aux mesures utiles sur les objets 3 radiographiés. Pour prendre une nappe de rayonnement diffusé comparable à celle d'un objet 3, on 15 sélectionnera en pratique une des nappes de la base de données ou, mieux, une nappe qu'on aura obtenue par des calculs d'interpolation entre deux de ces nappes. Le critère de sélection pourra être défini au moyen d'un rayon particulier 13 aboutissant à une région 14 du 20 réseau 5 et qui ne passera ni par les absorbeurs 10 de la figure 2, ni par des tissus osseux du patient (ou plus généralement des portions de l'objet 3 dont les propriétés d'absorption sont différentes du matériau du simulacre 8) à la figure 1. Le rayonnement total, 25 primaire et diffusé, reçu par la région 14 après avoir traversé chaque simulacre 8 servira d'index à la table de rayonnement diffusé correspondante, et la table sélectionnée aura l'index à une valeur identique au rayonnement total mesuré à la région 14 à travers 30 l'objet 3. Tout cela correspond au passage de l'état E1

à l'état E2 dans l'organigramme de la figure 3, qu'on commence à commenter.

La suite du procédé consiste essentiellement en la correction de la table du rayonnement diffusée ainsi sélectionné pour l'ajuster au mieux qu'on puisse espérer à la nappe de rayonnement réellement diffusé par l'objet 3. Pour cela, on se sert de toutes les informations disponibles, c'est-à-dire du rayonnement total reçu par les détecteurs 6 au-delà de l'objet 3 comme du simulacre 8 sélectionné. Ce rayonnement total étant noté Φ_t , le rayonnement diffusé Φ_d , le rayonnement initial issu du tube 1 Φ_0 et le rayonnement primaire Φ , la relation $\Phi_t = \Phi + \Phi_d$ est respectée.

On est alors aux états E3 et E4 de l'organigramme de la figure 3. Ensuite, on transforme les valeurs des rayonnements totaux Φ_t mesurées pour l'objet 3 et le simulacre 8 sélectionné en leur appliquant des fonctionnelles. Plus précisément, il est connu dans l'art que Φ_d est proportionnel à $\Phi t \log(\Phi/\Phi_0)$; cette relation, qui est appelée la loi de Klein et Nishina, donne une allure générale du rayonnement diffusé, à défaut de son intensité.

Le rayonnement initial Φ_0 est connu ; le rayonnement primaire Φ ne l'est pas, mais on consent à appliquer cette relation de façon approchée en le remplaçant par le rayonnement total Φ_t , c'est-à-dire que la fonctionnelle employée associe à chaque valeur mesurée du rayonnement total Φ_t la valeur calculée $\Phi t \log(\Phi_t/\Phi_0)$, supposée proche du rayonnement diffusé

Φ_d à cet endroit ; on est parvenu aux états E5 et E6 de l'organigramme.

L'étape suivante consiste à faire, pour chacun des détecteurs 6, le rapport des valeurs données 5 par la fonctionnelle pour l'objet 3 et le simulacre 8 sélectionné selon la formule

$$K = \frac{\Phi_t \log(\Phi_t / \Phi_o)_{\text{objet}}}{\Phi_t \log(\Phi_t / \Phi_o)_{\text{simulacre}}}.$$

Les coefficients de pondération K ainsi obtenus serviront à déformer la nappe de rayonnement diffusé sélectionnée à l'état E2 10 afin d'estimer celle de l'objet 3. Les résultats constituent encore une table bidimensionnelle ou une matrice ayant des dimensions identiques à celle des tables de rayonnement puisqu'elle est associée au réseau 5 de détecteurs 6. Il est donc possible et 15 avantageux d'effectuer un filtrage numérique spatial de cette matrice en appliquant un filtre passe-bas qui corrige les coefficients K en ne conservant que les fréquences les plus basses de leur variation et de les rendre ainsi probablement plus conformes à la réalité 20 puisque le rayonnement diffusé varie assez lentement d'un point à un autre.

Quand la table des coefficients de pondération définitifs, notés K' , a été obtenue (à l'état E7), elle sert à pondérer la table de 25 rayonnement diffusé sélectionnée auparavant à l'état E2, pour obtenir une table de rayonnement diffusé par l'objet 3 (état E8, qui constitue l'estimation recherchée) ; la formule appliquée est $\Phi_d \text{ objet} = K' \Phi_d \text{ simulacre}$. Ces valeurs estimées Φ_d 30 objet pourront alors être soustraites du rayonnement

total Φ_t mesuré par les détecteurs 6 pour estimer le rayonnement primaire Φ et obtenir une image radiographique plus précise de l'objet 3.

Ce procédé s'applique aux radiographies à 5 énergie d'irradiation simple ou multiple ; dans le second cas, il est répété séparément pour chacune des énergies employées.

La fonctionnelle proposée ici n'est pas la seule qu'on puisse employer, et la fonctionnelle plus 10 simple $\Phi_d = k\Phi$ (approchée ici encore en $\Phi_d = k\Phi_t$), k étant une constante, pourrait aussi donner de bons résultats pour estimer Φ_d .

REVENDICATIONS

1. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé provenant d'un rayonnement initial ayant traversé un objet (3) en subissant une atténuation 5 laissant passer un rayonnement total de mesure, caractérisé par :

- une prise d'une table de mesures d'un rayonnement diffusé, obtenue en faisant passer le rayonnement initial par un simulacre (8) de l'objet,

10 - un calcul de coefficients (K') de transposition entre le simulacre et l'objet, d'après le rayonnement initial (Φ_0), le rayonnement total de mesure à travers l'objet (Φ_t objet) et un rayonnement total de mesure à travers le simulacre (Φ_t simulacre),

15 - et une pondération de la table de mesures avec les coefficients de transposition.

2. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le simulacre (8) est un bloc d'épaisseur constante et 20 en une matière homogène, ayant une atténuation semblable à une matière de base de l'objet.

25 3. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la prise de table de mesures est une sélection dans une série de tables de mesures de rayonnement diffusé, obtenues en faisant successivement passer le rayonnement initial à travers une série respective de simulacres de l'objet, qui sont des blocs d'épaisseurs différentes mais constante et en une matière homogène, 30 ayant une atténuation semblable à une matière de base de l'objet.

4. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la sélection comprend une interpolation entre deux des tables de mesures.

5 5. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que la sélection est faite par comparaison d'une valeur du rayonnement total de mesure à travers l'objet et d'une valeur du rayonnement total 10 de mesure à travers les simulacres.

6. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la comparaison est faite pour des rayons identiques (13) du rayonnement initial à travers l'objet et les 15 simulacres, ne traversant que la matière de base de l'objet.

7. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon l'une quelconque des revendications 1 à 20 6, caractérisé en ce que les coefficients de pondération sont des rapports de fonctionnelle identiques calculées pour l'objet et pour le simulacre.

8. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon la revendication 7, caractérisé en ce que les fonctionnelles sont égales au produit du 25 rayonnement total de mesure par le logarithme du rapport du rayonnement total de mesure et du rayonnement initial.

9. Procédé d'estimation d'un rayonnement diffusé selon l'une quelconque des revendications 1 à 30 8, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de filtrage passe-bas des coefficients de transposition,

arrangés en une table superposable à la table de mesures.

10. Procédé de radiographie comprenant une étape de correction de mesures de radiographie par une soustraction d'un rayonnement diffusé estimé selon le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

1/2

Fig. 1

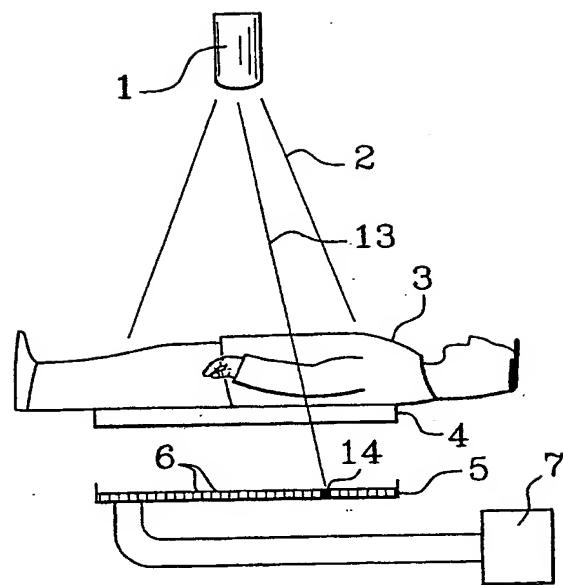


Fig. 2

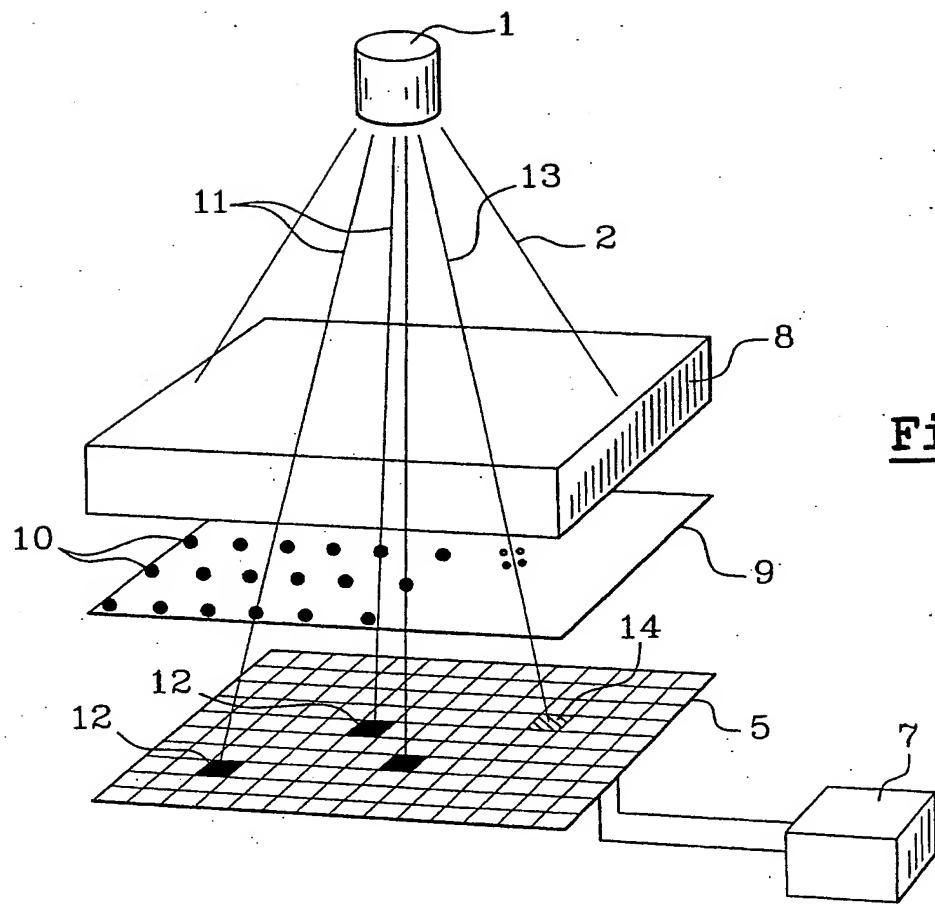
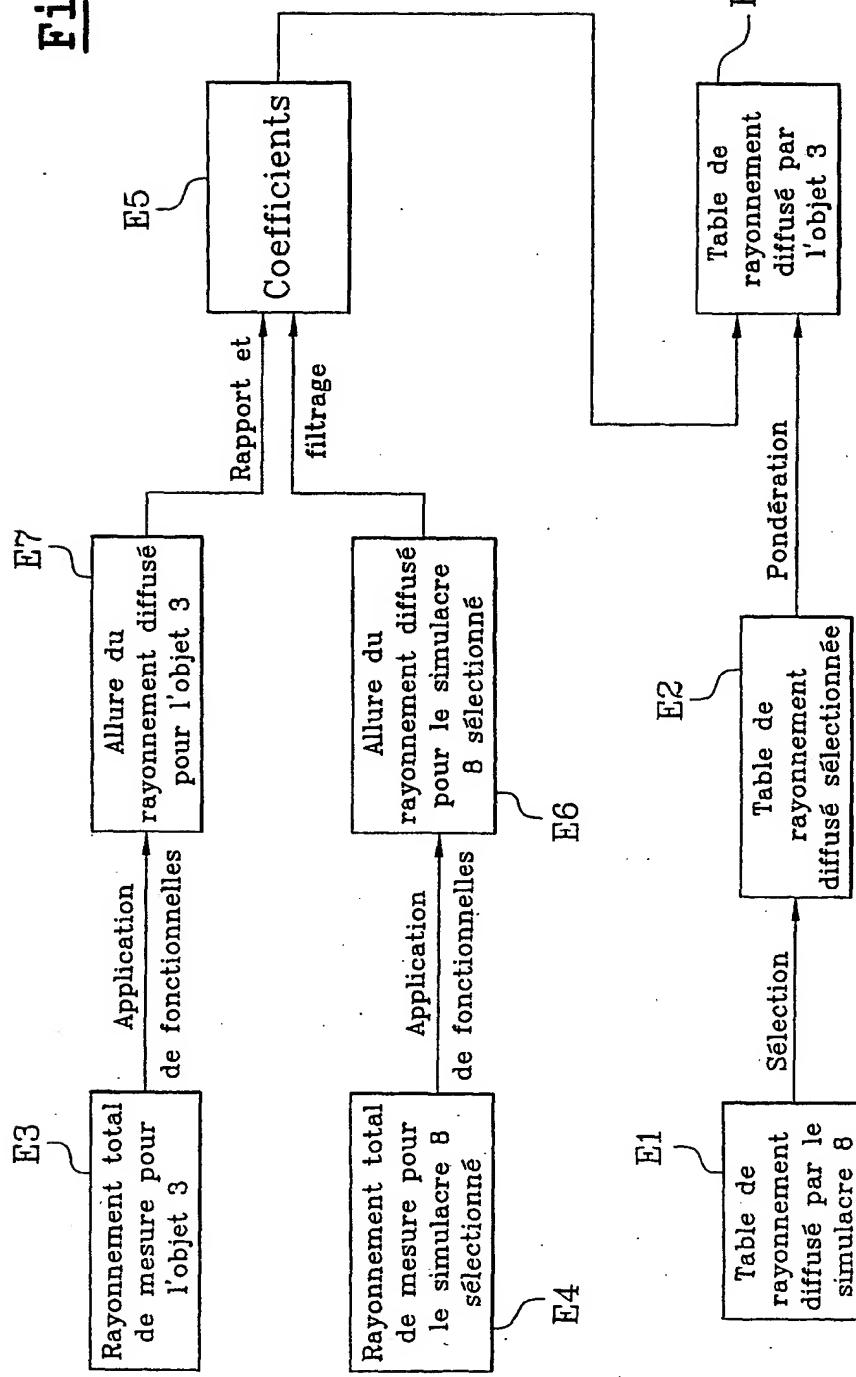


Fig. 3

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1... / 1.
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W /260899

Vos références pour ce dossier <i>(facultatif)</i>	B 13768.3/JCI DD 2172	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	01.02139 du 16.02.2001	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCEDE D'ESTIMATION D'UN RAYONNEMENT DIFFUSE, NOTAMMENT AFIN DE CORRIGER DES MESURES EN RADIOGRAPHIE.		
LE(S) DEMANDEUR(S) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE 31/33 rue de la Fédération 75752 PARIS 15ème		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).		
Nom		DARBOUX
Prénoms		Michel
Adresse	Rue	17 rue Aimé Berey
	Code postal et ville	38000 GRENOBLE
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>		
Nom		DINTEN
Prénoms		Jean-Marc
Adresse	Rue	138 avenue des Frères Lumière
	Code postal et ville	69008 LYON
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>		
Nom:		
Prénoms		
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) PARIS LE 01.03.2001		
J. LEHU 422-5 S/002		